

El creador de la relativitat: Albert Einstein

Joan Stela

Stela, J. (2016). El creador de la relativitat: Albert Einstein. In: Ginard, A.; Vicens, D. i Pons, G.X. (eds.). Idees que van canviar el món. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 22; 255-260. SHNB - UIB. ISBN 978-84-608-9162-8.

Disponible on-line a shnb.org/SHN_monografies

Resum: Al llarg del segle XX la física ha experimentat una gran revolució, tots els canvis de concepció de la natura són revolucionaris i els que s'iniciaren a principis del segle passat els hi podem considerar especialment ja que amb ells s'establiren els nous conceptes bàsics amb els que avui es fa ciència. Si hem de posar una fita als canvis que hi ha hagut en el camp de la física sens dubte aquesta seria l'any 1905, per la importància de les aportacions que es feren aquell any i perquè les va fer una mateixa persona, Albert Einstein (1879-1955), i és també per aquest motiu i per commemorar-ne el centenari, que l'Assemblea General de l'ONU va declarar l'any 2005 com a Any Mundial de la Física.

Al llarg de l'any 1905 Einstein va publicar a la revista alemanya *Annalen der Physik* treballs en tres camps diferents de la física i cada un d'ells amb aportacions claus per a l'evolució de la física, per això se l'ha denominat l'*annus mirabilis* (any meravellós). En el primer d'aquests, publicat el mes de març amb el títol *Un punt de vista heurístic sobre la producció i transformació de la llum*, Einstein propugnava que les ones

electromagnètiques porten l'energia en quàntums discrets i independents, que els anys vint passaren a denominar-se fotons, resolent així el problema que plantejava explicar l'efecte fotoelèctric en base a la teoria clàssica i que el situava com un dels precursors de la teoria quàntica (Fig. 1). *Sobre el moviment requerit per la teoria cinètica molecular del calor de petites partícules suspeses en un líquid estacionari* és el títol del segon treball, publicat el mes de maig, on presenta el conegut moviment brownià com a prova de que la matèria esta formada per àtoms i molècules posant fi al debat secular de la constitució de la matèria. I al mes de juny d'aquest mateix any aparegué el primer article de la que avui anomenam teoria especial de la relativitat, *Sobre l'electrodinàmica de cossos en moviment*, és en aquest en el que presentà els conceptes més revolucionaris en tant que substituïen els conceptes més bàsics i assumits per a tots com a de sentit comú que eren els conceptes d'espai i de temps (Fig. 2).

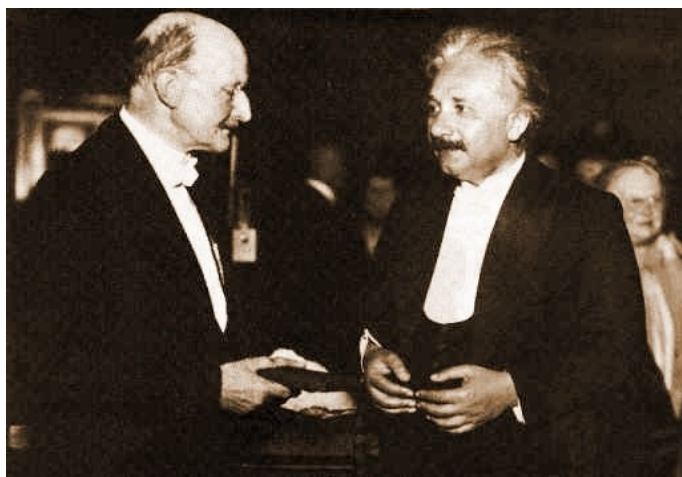


Figura 1. Einstein junt amb el professor Max Planck, dos dels pares de la quàntica.

Recordem aquests conceptes. Isaac Newton havia fet tota la teoria de la mecànica i la gravitació utilitzant els conceptes d'espai i de temps clàssics nascuts a l'antiga Grècia i que recull en la seva obra mestre els *Principia* del 1686, els hi dedica unes poques frases pel que tenien d'obvis, de l'espai en deia «... és absolut, per la seva pròpia naturalesa, sense relació amb cap cosa externa, es manté sempre igual i inamovible.» i del temps «real i matemàtic, per si mateix i la seva naturalesa, flueix independentment de qualsevol cosa externa i també es denomina duració.», conceptes que encara tenim ben

arrelats tot i que la relativitat va demostrar que són erronis analitzant els fets provats per l'experiència sense prejudicis. La teoria de Newton era plenament compatible i reforçava el principi de relativitat clàssic segons el qual les lleis de la mecànica no ens permeten discernir quin és el nostre moviment si aquest no és accelerat. En aquest marc teòric, Newton va crear la Llei de Gravitació Universal que explicava tot l'Univers observat i feia prediccions sobre el no observat. Va permetre a Le Verrier, cap el 1840, preveure l'existència del planeta Neptú a partir d'unes anomalies en l'òrbita d'Urà, tot un èxit que feia pensar que era la teoria definitiva. Tant sols unes petites pertorbacions de l'òrbita de Mercuri, un excés en la precessió del periheli de $43''$ d'arc per segle, no trobaven explicació amb la teoria de Newton, el mateix Le Verrier es va aventurar amb la hipòtesi de l'existència d'un planeta més intern, Vulcà, que resultà inexistent.



Figura 2. Albert Einstein quan treballava a l'oficina de patents de Berna, època en què va crear la teoria especial de relativitat.

Mentrestant, al llarg del segle XIX s'anava creant la teoria que explicava els fenòmens elèctrics i magnètics i va arribar a la seva plenitud amb James Clerk Maxwell (1831-1879) aconseguint, com feia la gravitació de Newton, explicar totes les observacions i fer prediccions en el camp del electromagnetisme, així va predir l'existència de les ones electromagnètiques que des de llavors han passat de desconegudes a imprescindibles, al mateix temps que el descobriment d'aquestes ones es feia la predicció de quina seria la seva velocitat deduint-ne així que la llum també era radiació electromagnètica, però aquest descobriment plantejava la qüestió: respecte de

què la velocitat de la llum és la predita en la teoria de Maxwell? No tenir una resposta satisfactòria en aquesta pregunta obria diverses possibilitats, o bé la teoria de Maxwell era errònia i s'havia de modificar o bé era correcta i d'acord amb el principi de relativitat clàssic podríem saber si ens movem tant sols mesurant la velocitat de la llum; cap de les dues possibilitats obtingué l'imprescindible recolzament experimental, els resultats experimentals anaven en un altre camí.

L'experiència que no tenia cabuda en l'espai i el temps absoluts clàssics era el fet predit teòricament per James Clerk Maxwell de què la llum es propaga a la mateixa velocitat independent de les velocitats de la font de llum i del observador que la mesura, predicció feta l'any 1862 i comprovada experimentalment per primera vegada l'any 1887 per Michelson i Morley. De fet la comprovació era un intent de determinar la velocitat de la Terra respecte del medi en el qual la llum té la velocitat predita per la teoria de Maxwell. Per donar cabuda en aquests resultats negatius s'havia de modificar els conceptes d'espai i de temps i així ho va fer Albert Einstein al juny de 1905 establint com a principi el fet que no podem determinar de forma absoluta el nostre moviment, o dit d'una altre manera les lleis de la física són les mateixes per a tots i en particular ho serà la velocitat de la llum. L'assumpció d'aquesta

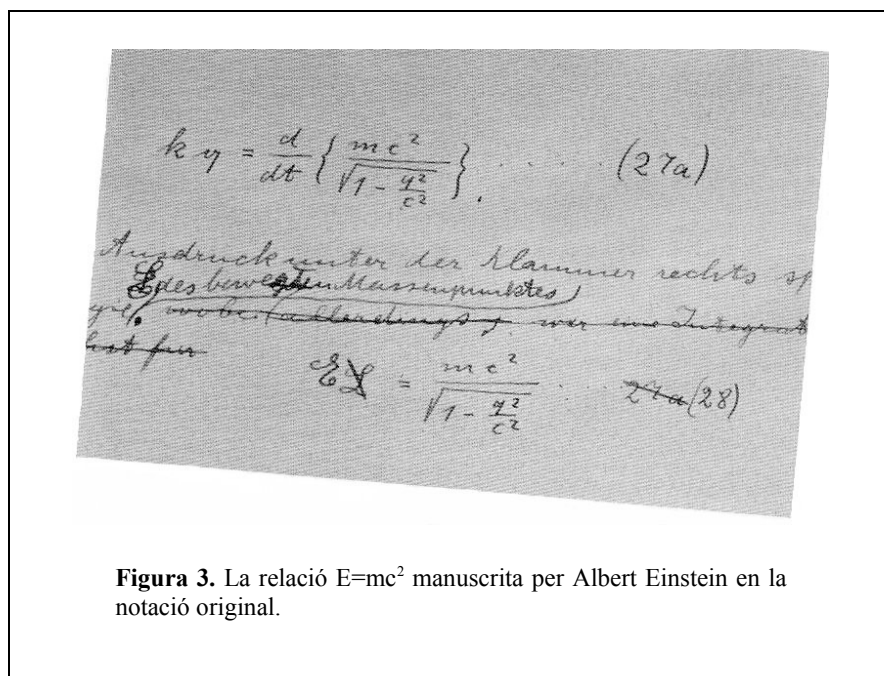


Figura 3. La relació $E=mc^2$ manuscrita per Albert Einstein en la notació original.

afirmació ens du a què el temps transcorre més lentament pel que es mou respecte de nosaltres i les dimensions de l'espai que mesura el qui es mou s'escurcen en la direcció del moviment, en definitiva, espai i temps no són

realitats absolutes sinó relatives a qui les observa. Era qüestió de mesos refer les lleis de la mecànica basant-se en aquests nous conceptes i així al mes de setembre d'aquell mateix any Einstein va deduir la relació entre massa i energia, $E=mc^2$ on c és la velocitat de la llum al buit, ni ell mateix en un primer moment en va preveure l'abast pràctic però ara ja l'hem comprovada en ambdós sentits, transformant energia en massa i massa en energia (Fig. 3).

Amb tot això es canviaven els fonaments de la Llei de Gravitació Universal de Newton, la seva obra mestre, i ara s'havia de crear una nova teoria de gravitació compatible amb la relativitat recentment nascuda, segons Einstein el que s'havia fet era un joc de nins comparat amb aquesta nova tasca, de fet s'hi va dedicar els deu anys següents fins que al desembre del 1915 va acabar de formular la teoria general de la relativitat que és la teoria de gravitació actual, en aquesta ja no hi ha una força entre les masses, aquestes es mouen per un espai-temps corbat degut a la presència de les masses. Aquesta nova teoria com havia fet la de Newton explicava totes les observacions, també l'excés en la precessió del periheli de Mercuri de $43''$ d'arc per segle, i feia prediccions que encara ara no hem de comprovar en la seva totalitat. Una de les prediccions era la desviació de la llum al passar prop del Sol que es va poder comprovar durant l'eclipsi de Sol del 29 de maig de 1919; quan es feren públics els resultats tota la societat se'n va fer ressò i Albert Einstein es va fer mundialment famós (Fig. 4). Per entendre aquest fet hem de tenir present la importància del llegat de Newton que s'acabava de refutar.



Figura 4. Albert Einstein durant la seva visita a Barcelona, l'any 1923.



Figura 5. Vista aèria de les instal·lacions a Livingston (Louisiana) que alberguen l'interferòmetre per a la detecció d'ones gravitatòries, cada un dels braços és de 4 km de longitud.

Una de les prediccions de la teoria general de relativitat és que les perturbacions de l'espai-temps generades per les masses es propaguen en forma d'ones, predicció similar a la feta per Maxwell de les ones electromagnètiques. De les ones gravitatòries tan sols en teníem evidències indirectes fins que el 14 de setembre del 2015 es varen detectar directament, cent anys després que Einstein en fes la predicció. Perquè ens fem una idea del que significa detectar aquestes ones directament, les deformacions que produeix el seu pas són variacions de longitud de la grandària d'un àtom d'hidrogen comparada amb l'òrbita de Saturn, tot un èxit per a la tecnologia actual. Els primers observatoris són interferòmetres de braços quilomètrics, n'hi ha dos a Europa i tres a Estats Units, que amb la detecció d'ones gravitatòries ens obrin una nova finestra a l'Univers (Fig. 5).